

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-232629

(43)Date of publication of application : 05.09.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/205
H01S 3/18

(21)Application number : 08-038259

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.02.1996

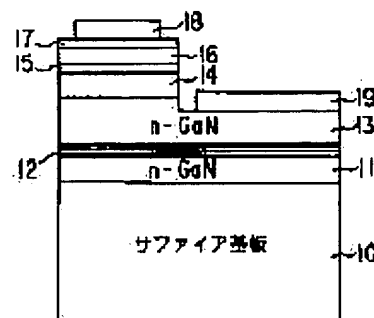
(72)Inventor : SUGIURA RISA

(54) SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the spread of the high density dislocation generated on the interface between a substrate and a growth layer to growth direction by a method wherein a cubic crystal distortion layer, having a substantial growth surface {111}, is provided between the growth substrate of a semiconductor element having an element part consisting of a hexagonal crystal semiconductor.

SOLUTION: A cubic crystal type n-GaN layer 11, having a growth surface, is formed on a sapphire substrate 10, and a distorted superlattice layer 12, on which an n-GaN layer and an n-HiGaN layer are alternately grown in critical film thickness or less, if formed thereon. An n-GaN layer 13, a clad layer 14, an active layer 15, a clad layer 16 and a contact layer 17 are successively grown thereon. Most of the dislocation of the high density generated by the lattice mismatching on the interface between the n-GaN layer 11 and the sapphire substrate 10 is changed its propagation direction by the distorted superlattice layer 12, and the propagation to the growth direction of transposition of high density generated on the interface between the substrate and the growth layer can be suppressed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-232629

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 9 月 5 日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C
	21/205		21/205	
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-38259

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 2 月 26 日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 杉浦 理砂

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株

式会社東芝研究開発センター内

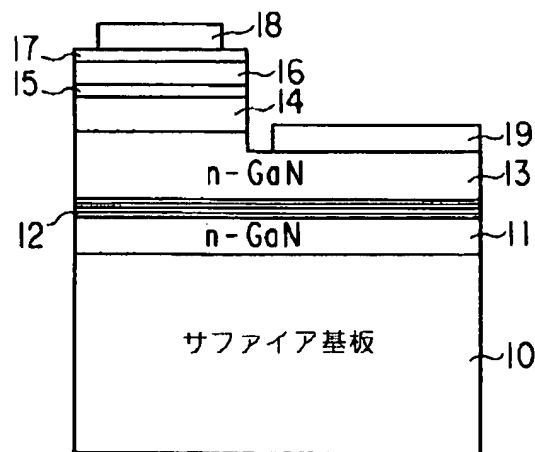
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 六方晶型（ウルツ鉱型）半導体素子、例えば Ga N 系材料を用いた青色半導体レーザにおいて、転位伝播阻止による長寿命化、信頼性の向上を可能にする。

【解決手段】 六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と六方晶型の半導体からなる素子部との間に { 1 1 1 } 成長面を有する立方晶型の歪超格子を設ける。これにより、半導体素子、特に Ga N 系青色半導体レーザにおいて、素子心臓部である活性層への転位伝播を抑制でき、素子の長寿命化、高信頼性化を実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と前記素子部との間に実質的な{111}成長面を有する立方晶型の歪層を設けたことを特徴とする半導体素子。

【請求項2】 六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と前記素子部との間に、{111}面から30度以内の傾斜を有する成長面を含む実質的な{111}成長面を有する立方晶型の歪超格子を設けたことを特徴とする半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子、特にGa_{0.5}N、AlGa_{0.5}N、InGa_{0.5}Nなど窒素を含む化合物半導体からなる半導体素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光ディスクの記録密度の向上やレーザープリンタの解像度の向上を図るため、短波長での発光が可能な半導体レーザー(LD)が要求されている。短波長の半導体レーザーとしてInGaAlP材料による600nm帯光源は、ディスクの読み込み、書き込みのどちらも可能なレベルにまで特性改善され、すでに実用化されている。さらなる記録密度向上を目指して青色半導体レーザーの開発が盛んに行われている。

【0003】このような開発において、II-VI族化合物半導体であるZnSe系材料を用いた青緑色半導体レーザーは発振動作が確認されて以来、長寿命化、信頼性向上など実用化を目指した開発が盛んに行われている。

【0004】しかし、この材料系では、成長用基板と素子部を有する成長層との間の格子不整合差や熱膨張係数差により生じた転位が通電により増殖するなどして、信頼性が得られない、寿命が短いなど実用化への障壁は高いことが明らかになりつつある。

【0005】一方、Ga_{0.5}N系半導体レーザーは材料的にZnSe系よりもさらに短波長化が可能であり、信頼性に関してもZnSe系に比べ材料的に硬化であるため有望な材料として期待されている。この材料系では $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の転位が存在するが、LEDにおいては一万時間以上の信頼性が確認されており、現在は次世代の光ディスクシステム光源に必要な条件を満たす青色半導体レーザーの研究開発が盛んに行われている。

【0006】上記のようにLEDでは $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の転位の存在は大きな問題となっていない。しかし、大電流密度注入を必要とするLDでは、前記 $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度の転位の存在が信頼性を低下させる原因となる。

【0007】ところで、現在LED、LDとして一般に用いられているGa_{0.5}N系半導体素子はサファイア基板上に形成されており、六方晶型(ウルツ鉱型)半導体から成る。Ga_{0.5}N系の結晶は六方晶型と立方晶型とが存在す

るが、これまでのところLED、LD用を得るためのGa_{0.5}N結晶としては、六方晶型の方が結晶品質の面で有利であるという結果が多く報告されている。

【0008】図9は従来のGa_{0.5}N系半導体素子の概略構造を示す断面図である。六方晶型結晶における転位は $(10\bar{1}\cdot 0)$ 、 $(11\bar{1}\cdot 00)$ ($\bar{1}$ は1のインバースを表す。以下同じ)などの柱面上で最もすべりを生じやすいため、図9に示すようにサファイア基板とGa_{0.5}N層との間の格子不整合により生じた $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度の転位が、成長方向(成長面と垂直方向)に伝播し、活性層さらに表面まで貫通する。

【0009】したがって、活性層には $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度の転位が存在するため結晶性は悪く、LDの場合、大電流密度注入により転位の伝播、増殖が生じるなど、素子の信頼性を低下させるため問題となる。

【0010】Ga_{0.5}N系半導体レーザーの信頼性を確保するためには、基板と成長層の界面で発生する転位の密度を低減すること、または現在存在する $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度の転位を活性層に伝播させないことが重要である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の窒化物系半導体素子をはじめとする六方晶型の半導体素子では、基板と成長層との界面で発生した転位が成長方向(成長面と垂直方向)へ最も伝播しやすいため、一旦界面で生じた転位はそのまま素子部を貫通し、成長層表面にぬけることになる。特にGa_{0.5}N系LDの場合、素子心臓部である活性層に $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度の転位が伝播し、大電流密度注入により素子の信頼性を低下させるという問題があった。

【0012】本発明は上記事情を考慮してなされたもので、基板と成長層との界面で発生した転位を素子心臓部(発光素子の場合は活性層)へ貫通しないような構造を有することにより、素子の信頼性を確保できる半導体素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、まず、請求項1に対応する発明は、六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と素子部との間に実質的な{111}成長面を有する立方晶型の歪層を設けた半導体素子である。

【0014】次に、請求項2に対応する発明は、六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と素子部との間に、{111}面から30度以内の傾斜を有する成長面を含む実質的な{111}成長面を有する立方晶型の歪超格子を設けた半導体素子である。

(作用)これにより、まず、請求項1に対応する発明の半導体素子によれば、六方晶型の半導体素子心臓部の下部に{111}成長面を有する立方晶型の歪層を設ける

ことにより、基板と成長層との界面で発生した高密度の転位の成長方向への伝播を抑制できる。

【0015】つまり、基板からの転位が、歪層に達したとき、立方晶型結晶のすべり面である{111}面でのすべりにより、転位の大部分が半導体素子側部に抜けるものである。

【0016】したがって、基板と成長層との界面で発生した転位を素子心臓部（発光素子の場合は活性層）へ貫通しないような構造を有することにより、素子の信頼性を確保できる。

【0017】なお、この歪層は単層の歪層であってもよいが、例えば歪超格子層を用いればより一層効果的である。次に、請求項2に対応する発明の半導体素子においては、実質的な{111}成長面には、{112}成長面や{113}成長面等の{111}面から30度以内の傾斜を有する成長面を含んでいる。{111}面から30度以内程度の傾斜があっても{111}面でのすべりによる上記した脱転位効果は十分働き、請求項1記載の半導体素子と同様に作用する。

【0018】なお、上述した課題を解決する手段としては、上記手段の他、以下の内容をも含む。

(1) 前記素子部はGa_{0.9}Al_{0.1}GaN、InGa_{0.9}N等の窒素を含む化合物半導体からなることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体素子。

(2) 六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と前記素子部との間に実質的な{111}成長面を有する立方晶型の半導体層を備え、当該立方晶型の半導体層は前記素子部側にて接する他の半導体層よりもやわらかい層であることを特徴とする半導体素子。

(3) 六方晶型の半導体からなる素子部を有する半導体素子において、成長基板と前記素子部との間に実質的な{111}成長面を有する立方晶型の半導体層を備え、当該立方晶型の半導体層は前記成長基板側にて接する他の半導体層よりもかたい層であることを特徴とする半導体素子。

【0019】なお、上記(2)又は(3)のように立方晶型の半導体層として単層を用いた場合でも十分に脱転位効果は得られるが、(2)及び(3)における各立方晶型の半導体層を組み合わせ用いた歪超格子の場合が最も効果的に転位を減少させることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

(発明の第1の実施の形態) 図1は本発明の第1の実施形態に係る半導体素子を適用したGa_{0.9}N系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。

【0021】この半導体レーザ装置においては、サファイア基板10上に形成されている。サファイア基板10上には、有機金属気相成長法(MOCVD法)により、

まず(111)成長面を有する立方晶型(閃亜鉛鉱型)のn-GaN層11(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を650℃で成長する。

【0022】その上にn-GaN層とn-AlGa_{0.3}N層を臨界膜厚以下で交互に成長する歪超格子層12(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を650℃で成長する。この歪超格子層12は(111)成長面を有する閃亜鉛鉱型のn-GaN層11上に同一条件で成長させることにより、同様の(111)成長面を有する閃亜鉛鉱型の歪超格子層となる。

【0023】次に、成長条件を調整することによって歪超格子層12の上に六方晶型(ウルツ鉱型)を有するn-GaN層13(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を形成し、引き続いてウルツ鉱型のn-Al_{0.3}GaN層14(Nクラッド層14(Siドープ、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.15μm)、Ga_{0.9}N活性層15(アンドープ、層厚0.1μm)、p-Al_{0.3}GaN層16(Mgドープ、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.15μm)、Ga_{0.9}Nコンタクト層17(Mgドープ、 $1 \sim 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.1μm)を順次1150℃で成長させる。ここで、閃亜鉛鉱型結晶からウルツ鉱型結晶への結晶形態の制御は、成長温度、および水素、窒素キャリアガス、窒素原料であるアンモニアの流量比の制御により行われる。

【0024】また、特に図示しないが、n-GaN層11とサファイア基板10の間には、MOCVD成長時に550℃で低温成長させたAlNバッファ層が設けられている。

【0025】さらに、Ga_{0.9}Nコンタクト層17上面には、p側電極18が設けられ、n-GaN層13上のn-AlGa_{0.3}Nクラッド層14が積層されていない上面部分には、n側電極19が設けられる。このようにして本実施形態に係る青色半導体レーザ装置が得られた。

【0026】上記構成の青色半導体レーザ装置について、透過電子顕微鏡により断面からの素子観察を行ったところ、サファイア基板10とn-GaN層11との界面で格子不整合により発生した $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の高密度の転位の大部分が、本発明により設けた歪超格子層12で伝播方向を変えており、活性層15における転位密度は 10^3 cm^{-2} 台にまで減少していることが確認された。

【0027】このように転位密度が減少する理由について図2を用いて説明する。図2は本実施形態の半導体素子において転位が抜ける様子を説明する模式図である。

【0028】半導体中を伝搬する転位は、やわらかい半導体層から相対的にかたい半導体層に入ろうとすると、その転位伝搬の進行が阻まれ、伝搬方向を変えることになる。この様子を示したのが図2である。

【0029】歪超格子層12を構成するn-GaN層とn-AlGa_{0.3}N層とでは、n-GaN層に比しn-Al

GaN層がかたい層となっている。したがって、同図に示すように、 $n\text{-AlGaIn}$ 層から $n\text{-GaN}$ 層に入ろうとする位置で、転位70は水平方向にその伝搬方向を変えることになる。

【0030】具体的には、このような転位伝搬方向の変更が起こるのは、立方晶型結晶のすべり面が(111)面であることによっている。つまり、(111)成長面を有する閃亜鉛鉱型の $n\text{-GaN}$ 層と $n\text{-AlGaIn}$ 層から成る歪超格子層12を基板と活性層の間に設けたことにより、サファイア基板10と $n\text{-GaN}$ 層11との界面で発生した転位の大部分が、立方晶型結晶のすべり面である(111)面、しかも歪超格子の歪み方向から成長面と平行な(111)面上で最も滑りやすくなるため、伝播方向を曲げられ素子の側面(成長方向と垂直方向)に抜けると考えられる。

【0031】これにより、上記したように活性層15を含む $n\text{-GaN}$ 層13以降の活性層15を含む半導体層の転位密度は大幅に減少する。以上のように作製した半導体レーザ装置は、しきい値150mAで室温連続発振した。発振波長は365nm、動作電圧は10Vであった。

【0032】上述したように、本発明の第1の実施の形態に係わる半導体素子によれば、六方晶型の半導体素子心臓部の下部に(111)成長面を有する立方晶型の歪超格子層等を設け、基板と成長面との界面で発生した高密度の転位の成長方向への伝播を抑制するようにしたので、GaN系青色半導体レーザにおいては基板と成長層との界面で発生した $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の転位を歪超格子により活性層部では 10^3 cm^{-2} にまで減少させることができ、信頼性が大幅に向上させることができる。

【0033】すなわち従来技術で説明した構造のGaN系青色半導体レーザでは、基板と成長層との界面で発生した $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ の存在により、レーザ発振が困難であるか、レーザ発振動作が確認されても大電流密度注入により数秒ないしは数分の動作寿命で素子が破壊されるなど、素子の信頼性が得られていなかった。

【0034】これに対し、本実施形態の内容に従い作製した上述の半導体素子では、動作電圧が高い点はそのままであるにかかわらず、動作寿命が従来の100~1000倍に延び、素子の信頼性が大幅に向上した。(発明の第2の実施の形態)第2の実施形態として、第1の実施形態と同様、MOCVD法により作製したやや構造の異なる青色半導体レーザ素子について説明する。

【0035】図3は本発明の第2の実施形態に係る半導体素子を適用したGaN系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。このGaN系青色半導体レーザ装置においては、サファイア基板20上に550℃の低温でGaNバッファ層(図示せず)を設け、その上に第1の実施形態の場合と同様に、まず(111)成長面を有する立方晶型(閃亜鉛鉱型)の $n\text{-GaN}$ 層21

(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を750℃で成長させる。

【0036】さらに、 $n\text{-GaN}$ 層21上に、同じく(111)成長面を有する閃亜鉛鉱型の $n\text{-GaN}/n\text{-InGaIn}$ 歪超格子層22(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を750℃で成長させる。

【0037】次に、六方晶型(ウルツ鉱型)を有する $n\text{-GaN}$ 層23(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を形成し、続いて $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ 、Nクラッド層24(Siドープ、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.3 μm)、GaN光閉じ込め層25(アンドープ、層厚0.2 μm)、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}$ 、N多重量子井戸活性層26、GaN光閉じ込め層27(アンドープ、層厚0.2 μm)、 $p\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ 、 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}$ 、Nクラッド層28(Mgドープ、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.3 μm)、GaNコンタクト層29(Mgドープ、 $1 \sim 3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚0.1 μm)を順次1150℃で成長させる。

【0038】さらに、GaNコンタクト層29上面には、p側電極30が設けられ、 $n\text{-GaN}$ 層23上の $n\text{-AlGaIn}$ クラッド層24が積層されていない上面部分には、n側電極31が設けられる。このようにして本実施形態に係わる青色半導体レーザ装置が得られた。

【0039】この青色半導体レーザ装置においても活性層26の転位密度は十分に低減された。次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作を説明する。

【0040】本構造の素子ではしきい値75mAで50℃まで連続発振した。発振波長は395nm、動作電圧は7Vで5000時間までの安定動作を確認した。上述したように、本発明の第2の実施の形態に係わる半導体素子によれば、第1の実施形態の場合と同様に、六方晶型の半導体素子心臓部の下部に(111)成長面を有する立方晶型の歪超格子層等を設けたので、第1の実施形態の場合と同様な効果が得られた。

(発明の第3の実施の形態)第3の実施形態として、第1、第2の実施形態と同様のGaN系半導体レーザを、立方晶型(閃亜鉛鉱型)のIII-V族化合物半導体であって、光デバイス、電子デバイス等に広く利用されているGaAs基板上に形成する場合について説明する。

【0041】図4は本発明の第3の実施形態に係る半導体素子を適用したGaAs基板上に形成したGaN系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図である。このGaN系青色半導体レーザ装置においては、立方晶型(閃亜鉛鉱型)の $n\text{-GaAs}$ (111)基板40上に、有機金属気相成長法(MOCVD法)により、まず、(111)成長面を有する立方晶型(閃亜鉛鉱型)の $n\text{-GaN}$ 層41(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を550℃で成長させる。

【0042】その上に $n\text{-GaN}$ 層と $n\text{-InGaIn}$ 層を臨界膜厚以下で交互に成長させた歪超格子層42(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)を設ける。この歪超格

子層42も同様の(111)成長面を有する閃亜鉛鋅型となる。

【0043】次に750℃において、水素、窒素キャリアガスおよびアンモニアの流量を変更し、六方晶型(ウルツ鋅型)を有するn-GaN層43(Siドープ、 $3 \sim 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$)を形成し、続いてウルツ鋅型のn-Al_{0.5}Ga_{0.5}Nクラッド層44(Siドープ、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、層厚0.2μm)、In_{0.5}Ga_{0.5}N活性層45(アンドープ、層厚200オングストローム)、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}Nクラッド層46(Mgドープ、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、層厚0.2μm)、GaNコンタクト層47(Mgドープ、 $1 \sim 3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、層厚0.1μm)を順次750℃で成長させる。

【0044】ここでn-GaN層43、n-AlGaIn層44、InGaIn活性層45、p-AlGaIn層46、GaNコンタクト層47からなる各層、すなわち素子部としてのダブルヘテロ構造部51は立方晶型よりも安定である六方晶型で構成することで素子特性の信頼性が向上する。

【0045】また、この半導体レーザ装置においては、開口を有する円板上に構成されたSiO₂からなる電流狭窄層48がGaNコンタクト層47の上に設けられ、さらに上記開口を介してGaNコンタクト層27と直接接触するようにp側電極49が設けられている。一方、n-GaAs基板20の下側にはn側電極50が設けられている。

【0046】上記構成の青色半導体レーザ装置について、透過電子顕微鏡により断面からの素子観察を行ったところ、第1の実施形態の場合と同様、GaAs基板40とn-GaN層41との界面で生じた転位の大部分が、本実施形態において設けた歪超格子層42により(111)成長面上ですべりを生じた結果伝播方向を変えられ、素子側面(成長方向と垂直方向)にぬけていることが確認された。活性層45における転位密度は 10^3cm^{-2} 台にまで減少していた。

【0047】次に、上記構成の青色半導体レーザ装置の発振動作について説明する。本実施例のダブルヘテロ構造を有する半導体レーザ装置は、しきい値45mAで80℃まで連続発振した。発振波長は395nm、動作電圧は4Vで7000時間までの安定動作を確認した。

【0048】上述したように、本発明の第3の実施の形態に係わる半導体素子によれば、第1の実施形態の場合と同様に、六方晶型の半導体素子心臓部の下部に(111)成長面を有する立方晶型の歪超格子層等を設けた他、基板としてGaAs基板40を用い、基板方向に電流を流せるようにしたので、第1の実施の形態の場合と同様な効果が得られる他、本レーザでは特に素子抵抗の面で改善をすること、すなわち抵抗値を低くすることができる。

【0049】従来技術と同様に、つまり第1の実施形態

のように絶縁性基板を用いた場合では、横方向から電流を注入する方式になるために抵抗は高くなるが、本実施形態のように導電性基板を用いた場合は基板方向に電流を流すことが可能であり、著しく素子抵抗が改善される。

【0050】つまり、従来構造のGaN系青色半導体レーザでは、基板と成長層との界面で発生した高密度の転位の大部分がInGaIn活性層45まで伝播しており、レーザ発振のための大電流密度注入により、高抵抗であることと相俟って、素子の動作寿命は数分程度であり信頼性が得られなかった。

【0051】しかし、本実施形態の場合は、活性層45の低転位密度化、低抵抗化により、動作寿命が従来の約7000倍に延び、素子の信頼性が大幅に向上した。

(発明の第4の実施の形態) 本実施の形態は、単層の歪層を用いた場合を示すものである。

【0052】図5は本発明の第4の実施形態に係る半導体素子を適用したGaN系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略する。

【0053】このGaN系青色半導体レーザ装置は、歪超格子層に代えて立方晶型のInGaIn層71を設けた他、第1の実施形態と同様に構成されている。このInGaIn層71は、n-GaN層13に比し、やわらかい層であり、これにより、図6に示すように転位が抜け、活性層15の転位密度は低くなっている。

【0054】図6は本実施形態の半導体素子において転位が抜ける様子を説明する模式図である。同図において、やわらかい層であるInGaIn層71内を上方に伝搬する転位70は、かたい層であるn-GaN層13に近づくと、(111)成長面上ですべりを生じてその伝播方向を変えられ、当該転位70は半導体素子側部から抜ける。

【0055】上述したように、本発明の第4の実施の形態に係わる半導体素子によれば、第1の実施形態の場合と同様の構成を有する他、歪超格子層に代えて立方晶型のInGaIn層71を設けたので、第1の実施の形態の場合と同様、活性層の低転位密度化を図ることができる。

(発明の第5の実施の形態) 本実施の形態は、単層の歪層を用いた場合を示すものである。

【0056】図7は本発明の第5の実施形態に係る半導体素子を適用したGaN系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図であり、図1と同一部分には同一符号を付してその説明を省略する。

【0057】このGaN系青色半導体レーザ装置は、歪超格子層に代えて立方晶型のAlGaIn層72を設けた他、第1の実施形態と同様に構成されている。このAlGaIn層72は、n-GaN層11に比し、かたい層であり、これにより、図8に示すように転位が抜け、活性

10

20

30

40

50

層15の転位密度は低くなっている。

【0058】図8は本実施形態の半導体素子において転位が抜ける様子を説明する模式図である。同図において、やわらかい層であるn-GaN層11内を上方に伝搬する転位70は、かたい層であるAlGaIn層72に近づくと、(111)成長面上ですべりを生じてその伝搬方向を変えられ、当該転位70は半導体素子側部から抜ける。

【0059】上述したように、本発明の第5の実施の形態に係わる半導体素子によれば、第1の実施形態の場合と同様の構成を有する他、歪超格子層に代えて立方晶型のAlGaIn層72を設けたので、第1の実施の形態の場合と同様、活性層の低転位密度化を図ることができる。

【0060】なお、上記各実施形態においては、六方晶型サファイア基板、立方晶型GaAs基板をその基板として用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、SiC、Si、ZnO、スピネル、ネオジムガレート(NdGaO₃、NGO)等を基板とした場合でも同様に適用が可能である。

【0061】また、上記第1、第2、第4、第5の実施形態のような結晶成長の場合、一般的にはサファイア基板の(0001)面が成長面として用いられるが、本発明はこれに限られるものではなく、例えばサファイア基板の(011 $\bar{2}$)面等の種々の面を用いることができる。

【0062】さらに、上記各実施形態では、超格子層12、22、42、InGaIn層71、AlGaIn層72等の転位抜きのための層を{111}成長面の場合で説明したが、本発明はこの場合に限られるものではない。例えば{112}面や{113}面等の{111}面から30度以内程度の傾斜を有する面であれば、立方晶型結晶のすべり面である(111)面でのすべりによる転位抜け効果は十分に発揮でき、このような場合も本発明の範囲に含まれる。なお、各実施形態では結晶面の表現として(111)で説明したが、{111}の場合でも同様な効果を得られることはいうまでもない。

【0063】さらにまた、本発明は、六方晶型を有する半導体層として、半導体発光素子のみならず、受光素子、トランジスタ等の電子デバイス分野へも適用が可能である。なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されるものでなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、六方晶型の半導体層の下部に(111)成長面を有する立方晶型の半導体層を設けて転位の成長方向への伝播を抑制するようにしたので、基板と成長層との界面で発生した転位を素子心臓部(発光素子の場合は活性層)へ貫通しないようにして、素子の信頼性を確保できる半導体

素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る半導体素子を適用したGaIn系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。

【図2】同実施形態の半導体素子において転位が抜ける様子を説明する模式図。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る半導体素子を適用したGaIn系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る半導体素子を適用したGaAs基板上に形成したGaIn系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。

【図5】本発明の第4の実施形態に係る半導体素子を適用したGaIn系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。

【図6】同実施形態の半導体素子において転位が抜ける様子を説明する模式図。

【図7】本発明の第5の実施形態に係る半導体素子を適用したGaIn系青色半導体レーザ装置の概略構成を示す断面図。

【図8】同実施形態の半導体素子において転位が抜ける様子を説明する模式図。

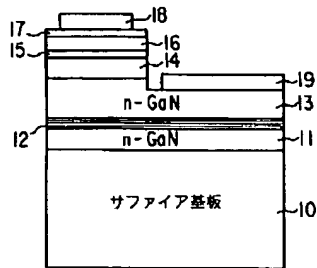
【図9】従来のGaIn系半導体素子の概略構造を示す断面図。

【符号の説明】

- 10…サファイア基板(六方晶型)
- 11…閃亜鉛鉱型n-GaN層(結晶欠陥密度:約 $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$)
- 12…閃亜鉛鉱型n-GaN/n-AlGaIn歪超格子層
- 13…ウルツ鉱型n-GaN層
- 14…ウルツ鉱型n-AlGaInクラッド層
- 15…ウルツ鉱型アンドープGaIn活性層
- 16…ウルツ鉱型p-AlGaInクラッド層
- 17…ウルツ鉱型p-GaInコンタクト層
- 18…p側電極
- 19…n側電極
- 20…サファイア基板(六方晶型)
- 21…閃亜鉛鉱型n-GaN層(結晶欠陥密度:約 $10^8 \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$)
- 22…閃亜鉛鉱型n-GaN/n-InGaIn歪超格子層
- 23…ウルツ鉱型n-GaN層
- 24…ウルツ鉱型n-Al_{0.5}Ga_{0.5}Nクラッド層
- 25…ウルツ鉱型GaIn光閉じ込め層
- 26…ウルツ鉱型In_{0.5}Ga_{0.5}N多重量子井戸活性層
- 27…ウルツ鉱型GaIn光閉じ込め層
- 28…ウルツ鉱型p-Al_{0.5}Ga_{0.5}Nクラッド層

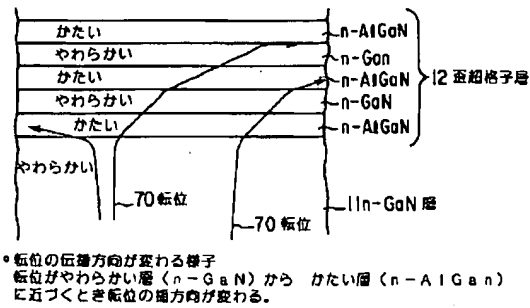
11
 29…ウルツ鉱型Ga₂N接触層
 30…p側電極
 31…n側電極
 40…GaAs(111)基板(閃亜鉛型)
 41…閃亜鉛型n-GaN層
 42…閃亜鉛型n-InGa₂N/n-AlGa₂N歪超格子層
 格子層
 43…ウルツ鉱型n-GaN層
 44…ウルツ鉱型n-AlGa₂Nクラッド層

【図1】

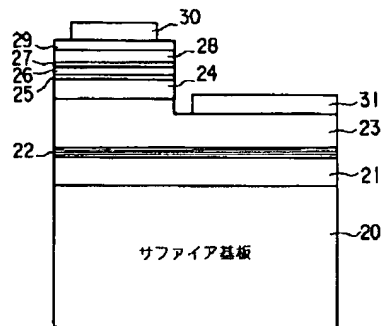


12
 * 45…ウルツ鉱型アンドープInGa₂N活性層
 46…ウルツ鉱型p-AlGa₂Nクラッド層
 47…ウルツ鉱型p-GaN接触層
 48…電流狭窄層
 49…p側電極
 50…n側電極
 51…ダブルヘテロ構造部
 71…閃亜鉛型InGa₂N層
 * 72…閃亜鉛型AlGa₂N層

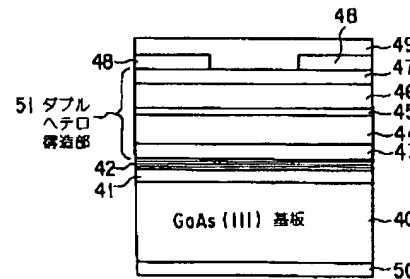
【図2】



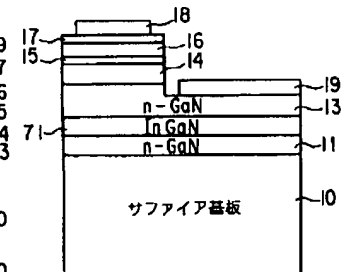
【図3】



【図4】

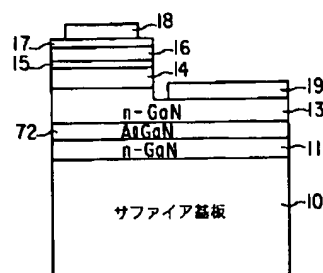
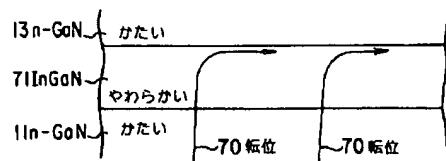


【図5】

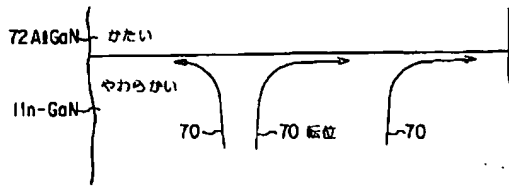


【図7】

【図6】



【図8】



【図9】

